

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-500733

(P2006-500733A)

(43) 公表日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 T	5 H 0 2 6
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/04 J	5 H 0 2 7
	HO 1 M 8/04 K	
	HO 1 M 8/04 N	
	HO 1 M 8/04 X	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 31 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2003-572124 (P2003-572124)
 (86) (22) 出願日 平成15年2月25日 (2003.2.25)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年8月25日 (2004.8.25)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/005401
 (87) 国際公開番号 W02003/073547
 (87) 国際公開日 平成15年9月4日 (2003.9.4)
 (31) 優先権主張番号 10/083,606
 (32) 優先日 平成14年2月27日 (2002.2.27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

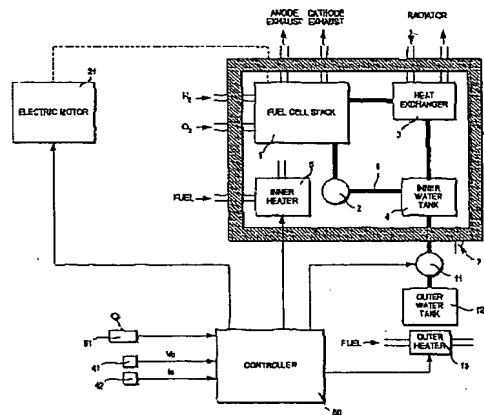
(71) 出願人 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (71) 出願人 500477447
 ユーティーシー フューエル セルズ, エ
 ルエルシー
 アメリカ合衆国, コネチカット, サウス
 ウィンザー, ガーヴァナース ハイウェイ
 195
 (74) 代理人 100075513
 弁理士 後藤 政喜
 (74) 代理人 100084537
 弁理士 松田 嘉夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及び燃料電池を凍結から保護する方法

(57) 【要約】

燃料電池システムは、水の流路と発電に必要なガスの流路を有する燃料電池(1)と、燃料電池(1)を保温することで前記燃料電池内での水の凍結を防止する第1の保護装置(5、10)と、前記燃料電池内の水を排出することで前記燃料電池内での水の凍結を防止する第2の保護装置(11、12)を含む。コントローラ(50)は、燃料電池(1)が停止しているときに使用される保護装置として第1の保護装置(5、10)、第2の保護装置(11、12)のいずれかを選択し、選択された保護装置を動作させて燃料電池(1)を水の凍結から保護する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池システムにおいて、

水の流路 (35) と発電に必要なガスの流路 (33、34) を有する燃料電池 (1) と

前記燃料電池 (1) を保温することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止する第 1 の保護装置 (5、10) と、

前記燃料電池 (1) 内の水を排出することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止する第 2 の保護装置 (11、12) と

次のように機能するコントローラ (50)、

前記燃料電池 (1) が停止しているときの保護装置として前記第 1 の保護装置 (5、10)、第 2 の保護装置 (11、12) のいずれかを選択し、

前記燃料電池 (1) が停止しているとき選択された保護装置を動作させて前記燃料電池 (1) を保護する、

とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】

前記第 1 の保護装置 (5、10) が、前記燃料電池 (1) を昇温させるヒータ (5) を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】

前記第 1 の保護装置 (5、10) が、前記燃料電池 (1) の温度降下を抑える断熱材 (10) を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記第 1 の保護装置 (5、10) が、水の温度が 0℃よりも高くなるようにヒータ (5) を制御することを特徴とする請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記第 2 の保護装置 (11、12) は前記燃料電池 (1) から排出された水を蓄える容器 (12) を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記容器 (12) 内で凍結した水を解凍する解凍装置を備えることを特徴とする請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記燃料電池 (1) に水素を含む改質ガスを供給する改質器 (14) をさらに備え、前記解凍装置が、前記改質器 (14) で発生した熱を用いて凍結した水を解凍すること、を特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記水の流路 (35) と前記ガスの流路 (33、34) が多孔質材料 (32) を挟んで設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】

前記燃料電池 (1) に供給されるガスを加湿する加湿器 (16) と、

前記燃料電池 (1) から排出されるガスから水を回収する水回収装置 (17) と、をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 10】

前記燃料電池 (1) の温度を計測するセンサ (43) をさらに備え、

前記コントローラ (50) が、

前記燃料電池 (1) の温度が所定温度よりも低いときに、前記第 1 の保護装置 (5、10) あるいは第 2 の保護装置 (11、12) による前記燃料電池 (1) の保護を行う、ようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 11】

前記燃料電池 (1) の温度を計測するセンサ (43) が、前記燃料電池 (1) 内を流れる水の温度を計測するセンサであることを特徴とする請求項 10 に記載の燃料電池システ

10

20

30

40

50

ム。

【請求項 1 2】

前記コントローラ (50) が、前記燃料電池 (1) の停止期間が所定期間よりも短いときは前記第 1 の保護装置 (5、10) を選択し、所定期間よりも長いときは前記第 2 の保護装置 (11、12) を選択するようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 1 3】

外気温度を計測するセンサ (45) をさらに備え、

前記コントローラ (50) が、外気温度が低くなるほど前記所定期間を短く設定するようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 2 に記載の燃料電池システム。

10

【請求項 1 4】

前記燃料電池 (1) の停止期間とは前記燃料電池 (1) が発電を停止してから次に起動するまでの時間であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 1 5】

前記コントローラ (50) が、

過去の燃料電池 (1) の起動時刻に関する情報に基づき前記燃料電池 (1) の再起動時刻を予測し、

前記燃料電池 (1) の停止時刻と予測された再起動時刻とに基づき前記燃料電池 (1) の停止期間を演算する、
ようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 2 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 1 6】

前記燃料電池 (1) の停止期間を入力する入力装置 (52) をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 1 7】

前記第 1 の保護装置 (5、10)、第 2 の保護装置 (11、12) のいずれかを選択する手動選択装置 (51) をさらに備え、

前記コントローラ (50) が、前記選択装置 (51) によって選択された保護装置を選択するようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 1 8】

前記コントローラ (50) が、

前記第 1 の保護装置 (5、10) を用いて前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算し、

前記第 2 の保護装置 (11、12) を用いて前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算し、

前記第 1 の保護装置 (5、10)、第 2 の保護装置 (11、12) のうち、必要とされるエネルギーが少ない方を選択する、
ようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 1 9】

前記コントローラ (50) が、

前記燃料電池 (1) の停止期間中の外気温度の変化を予測し、

予測される停止期間中の外気温度の変化に基づき前記第 1 の保護装置 (5、10) を用いて前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算する、
ようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 8 に記載の燃料電池システム。

40

【請求項 2 0】

前記コントローラ (50) が、過去の外気温度の変化に関する情報に基づき停止期間中の外気温度の変化を予測するようにさらに機能することを特徴とする請求項 1 9 に記載の燃料電池システム。

【請求項 2 1】

システムの外部から将来の外気温度に関連する信号を受信する受信装置 (46) をさらに備え、

50

前記コントローラ（５０）が、前記受信装置（４６）が受信した信号に基づき停止期間中の外気温度の変化を予測するようにさらに機能することを特徴とする請求項１９に記載の燃料電池システム。

【請求項２２】

前記コントローラ（５０）が、

再起動時刻における外気温度を予測し、

予測される再起動時刻における外気温度に基づき前記第２の保護装置（１１、１２）を用いて前記燃料電池（１）の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算する、ようにさらに機能することを特徴とする請求項１８に記載の燃料電池システム。

【請求項２３】

前記コントローラ（５０）が、時刻と外気温度の相関関係から再起動時刻の外気温度を予測するようにさらに機能することを特徴とする請求項２２に記載の燃料電池システム。

【請求項２４】

システムの外部から将来の外気温度に関する信号を受信する受信装置（４６）をさらに備え、

前記コントローラ（５０）が、前記受信装置（４６）が受信した信号に基づき再起動時刻における外気温度を予測するようにさらに機能することを特徴とする請求項２２に記載の燃料電池システム。

【請求項２５】

前記ヒータ（５）に燃料を供給する燃料を貯蔵する貯蔵装置（２２）と、

前記貯蔵装置（２）の燃料残量を検出するセンサ（４７）と、
をさらに備え、

前記コントローラ（５０）が、前記第１の保護装置（５、１０）による保護を実行中であっても、検出された燃料残量が所定量よりも低くなった場合は第１の保護装置（５、１０）による保護を中止し、前記第２の保護装置（１１、１２）による保護を開始するようにさらに機能することを特徴とする請求項２に記載の燃料電池システム。

【請求項２６】

前記ヒータ（５）に電気を供給するバッテリー（２３）と、

前記バッテリー（２３）の充電状態を検出するセンサ（４８）と、
をさらに備え、

前記コントローラ（５０）が、前記第１の保護装置（５、１０）による保護を実行中であっても、検出された充電状態が所定値よりも低くなった場合は第１の保護装置（５、１０）による保護を中止し、前記第２の保護装置（１１、１２）による保護を開始するようにさらに機能することを特徴とする請求項２に記載の燃料電池システム。

【請求項２７】

外気の酸素濃度を検出するセンサ（４９）をさらに備え、

前記コントローラ（５０）が、前記第１の保護装置（５、１０）による保護を実行中であっても、検出された酸素濃度が所定濃度よりも低くなった場合は第１の保護装置（５、１０）による保護を中止し、前記第２の保護装置（１１、１２）による保護を開始するようにさらに機能することを特徴とする請求項２に記載の燃料電池システム。

【請求項２８】

燃料電池システムにおいて、

水の流路（３５）と発電に必要なガスの流路（３３、３４）を有する燃料電池（１）と

前記燃料電池（１）を保温することで前記燃料電池（１）内での水の凍結を防止する第１の保護装置（５、１０）と、

前記燃料電池（１）内の水を排出することで前記燃料電池（１）内での水の凍結を防止する第２の保護装置（１１、１２）と

前記燃料電池（１）が停止しているときの保護装置として前記第１の保護装置（５、１０）、第２の保護装置（１１、１２）のいずれかを選択する手動選択装置（５３）と、

10

20

30

40

50

を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 29】

水の流路 (35) と発電に必要なガスの流路 (33、34) を有する燃料電池 (1) と

前記燃料電池 (1) を保温することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止する第 1 の保護手段 (5、10) と、

前記燃料電池 (1) 内の水を排出することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止する第 2 の保護手段 (11、12) と

前記燃料電池 (1) が停止しているときの保護手段として前記第 1 の保護手段 (5、10)、第 2 の保護手段 (11、12) のいずれかを選択する手段と、

10

を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 30】

水の凍結からの燃料電池の保護方法において、

第 1 の保護方法、第 2 の保護方法いずれかを選択し、

前記第 1 の保護方法を選択した場合は前記燃料電池 (1) を保温することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止し、

前記第 2 の保護方法を選択した場合は前記燃料電池 (1) 内の水を排出することで前記燃料電池 (1) 内での水の凍結を防止する、

ことを特徴とする保護方法。

【請求項 31】

前記第 1 の保護方法を選択した場合、前記燃料電池 (1) を加熱し 0℃以上に昇温させることを特徴とする請求項 30 に記載の保護方法。

20

【請求項 32】

前記第 1 の保護方法を選択した場合、前記燃料電池 (1) を外気から断熱して前記燃料電池 (1) の温度降下を抑えることを特徴とする請求項 31 に記載の燃料電池システム。

【請求項 33】

前記第 1 の保護方法を選択した場合、前記水が 0℃よりも高くなるように加熱することを特徴とする請求項 31 に記載の保護方法。

【請求項 34】

前記第 2 の保護方法を選択した場合、前記燃料電池 (1) から排出された水を容器 (12) に蓄えることを特徴とする請求項 30 に記載の保護方法。

30

【請求項 35】

前記燃料電池 (1) を再起動する際、前記容器 (12) 内で凍結した水を加熱し解凍することを特徴とする請求項 34 に記載の保護方法。

【請求項 36】

前記燃料電池 (1) に水素を含む改質ガスを供給する改質器 (14) が発生する熱を用いて凍結した水を解凍することを特徴とする請求項 34 に記載の保護方法。

【請求項 37】

前記燃料電池 (1) の温度を計測し、

前記燃料電池 (1) の温度が所定温度よりも低いときに、前記第 1 あるいは第 2 の保護方法による前記燃料電池 (1) の保護を行う、

ことを特徴とする請求項 30 に記載の保護方法。

40

【請求項 38】

前記燃料電池 (1) 内を流れる水の温度を前記燃料電池 (1) の温度として計測することを特徴とする請求項 37 に記載の保護方法。

【請求項 39】

前記燃料電池 (1) の停止期間が所定期間よりも短いときに前記前記第 1 の保護方法を選択し、所定期間よりも長いときに第 2 の保護方法を選択することを特徴とする請求項 30 に記載の保護方法。

【請求項 40】

50

外気温度を計測し、

外気温度が低くなるほど前記所定期間を短く設定することを特徴とする請求項 39 に記載の保護方法。

【請求項 41】

前記燃料電池 (1) の停止期間とは前記燃料電池 (1) が発電を停止してから再起動するまでの時間であることを特徴とする請求項 39 に記載の保護方法。

【請求項 42】

過去の燃料電池 (1) の起動時刻に関する情報に基づき前記燃料電池 (1) の再起動時刻を予測し、

前期燃料電池 (1) の停止時刻と予測された再起動時刻とに基づき前記燃料電池 (1) の停止期間を演算する、

ことを特徴とする請求項 39 に記載の保護方法。

【請求項 43】

前記燃料電池 (1) の停止期間を入力装置から入力することを特徴とする請求項 39 に記載の保護方法。

【請求項 44】

前記第 1 の保護方法により前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算し、

前記第 2 の保護方法により前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算し、

前記第 1 の保護方法、第 2 の保護方法のうち、必要とされるエネルギーが少ない方を選択する、

ことを特徴とする請求項 30 に記載の保護方法。

【請求項 45】

前記燃料電池 (1) の停止期間中の外気温度の変化を予測し、

予測される停止期間中の外気温度の変化に基づき前記第 1 の保護方法により前記燃料電池 (1) の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算する、

ことを特徴とする請求項 44 に記載の保護方法。

【請求項 46】

過去の外気温度の変化に関する情報に基づき停止期間中の外気温度の変化を予測することを特徴とする請求項 45 に記載の保護方法。

【請求項 47】

受信装置 (46) により将来の外気温度に関連する信号をシステムの外部から受信し、

前記受信装置 (46) により受信した信号に基づき停止期間中の外気温度の変化を予測する、

ことを特徴とする請求項 45 に記載の保護方法。

【請求項 48】

再起動時の外気温度を予測し、

予測される再起動時の外気温度に基づき前記第 2 の保護方法により前記燃料電池の保護を行った場合に必要とされるエネルギーを演算する、

ことを特徴とする請求項 44 に記載の保護方法。

【請求項 49】

時刻と外気温度の相関関係から再起動時の外気温度を予測することを特徴とする請求項 48 に記載の保護方法。

【請求項 50】

受信装置 (46) により将来の外気温度に関連する信号をシステムの外部から受信し、

受信装置 (46) により受信した信号に基づき再起動時における外気温度を予測する、

ことを特徴とする請求項 48 に記載の保護方法。

【請求項 51】

前記燃料電池 (1) の加熱に用いる燃料の残量を検出し、

10

20

30

40

50

前記第1の保護方法による保護を実行中であっても、検出された燃料残量が所定量よりも少なくなった場合は保護方法を前記第1の保護方法から前記第2の保護方法に切り換える

ことを特徴とする請求項31に記載の保護方法。

【請求項52】

前記燃料電池(1)の加熱に用いる電力の残量を検出し、

前記第1の保護方法による保護を実行中であっても、検出された電力残量が所定量よりも少なくなった場合は保護方法を前記第1の保護方法から前記第2の保護方法に切り換え、ことを特徴とする請求項31に記載の保護方法。

【請求項53】

外気の酸素濃度を検出し、

前記第1の保護方法による保護を実行中であっても、検出された酸素濃度が所定濃度よりも低くなった場合は保護方法を前記第1の保護方法から前記第2の保護方法に切り換える、

ことを特徴とする請求項31に記載の保護方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池システムに関し、特に、燃料電池が停止しているときの水の凍結からの燃料電池の保護に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、燃料エネルギーを直接電気に変換する装置である。燃料電池においては、電解質膜を挟んでアノードガス通路、カソードガス通路が設けられている。アノードガス通路に水素を供給し、カソードガス通路に酸素を供給すれば、電解質膜の表面で生じる下記の電気化学反応により電気エネルギーを取り出すことができる。

【0003】

アノード反応： $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

カソード反応： $2H^+ + 2e^- + (1/2)O_2 \rightarrow H_2O$

電解質膜の性能を引き出し、燃料電池の発電効率を向上させるには、電解質膜の加湿状態を最適に保つ必要があるため、燃料電池に供給するガスは加湿される。加湿用の水には純水が用いられる。これは不純物が混入した水を燃料電池に供給すると、電解質膜に不純物が付着し、燃料電池の性能が低下するからである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

加湿用の水に純水を使用した場合、燃料電池が氷点(=0℃)よりも低い温度の環境に置かれたときに電池内の純水が凍結する。水は凍結すると液相の水に対して体積が膨張するので、電池内での水の凍結は燃料電池を破壊する可能性がある。

【0005】

日本国特許庁が1995年に発行した特開平7-169476号は、燃料電池を保温することで燃料電池を水の凍結から保護する方法を開示している。この方法は、燃料電池の温度が0℃以下にならないようヒータで燃料電池を暖めることにより燃料電池内での水の凍結を防止する。しかし、この方法では、燃料電池が長時間停止する場合にヒータが長時間作動することになり、燃料電池の保護に必要なエネルギーが膨大になる。

【0006】

本発明の目的は、したがって、水の凍結から燃料電池を保護しつつ、保護に必要なエネルギー量を低減することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

10

20

30

40

50

上記目的を達成するために、本発明は、燃料電池システムであって、水の流路と発電に必要なガスの流路を有する燃料電池と、前記燃料電池を保温することで前記燃料電池内での水の凍結を防止する第1の保護装置と、前記燃料電池内の水を排出することで前記燃料電池内での水の凍結を防止する第2の保護装置と、前記燃料電池が停止しているときの保護装置として前記第1の保護装置、第2の保護装置のいずれかを選択し、前記燃料電池が停止しているとき選択された保護装置を動作させて前記燃料電池を保護するコントローラを備えたものを提供する。

【0008】

また、本発明の別の態様では、水の凍結からの燃料電池の保護方法であって、第1の保護方法、第2の保護方法いずれを使用するか選択し、前記第1の保護方法を選択した場合は前記燃料電池を保温することで前記燃料電池内での水の凍結を防止し、前記第2の保護方法を選択した場合は前記燃料電池内の水を排出することで前記燃料電池内での水の凍結を防止する保護方法を提供する。

【0009】

本発明の詳細、他の特徴、利点については、明細書の残りの部分及び添付図面に示される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図面の図1を参照すると、本発明に係る車両用燃料電池システムは、燃料電池スタック1、循環ポンプ2、熱交換器3、内部ウォータタンク4、内部ヒータ5を備え、これらは断熱材でできた断熱ケース10内に収められている。内部ウォータタンク4は燃料電池スタック1からの水の回収のし易さを考慮して燃料電池スタック1よりも下に設けられる。内部ヒータ5は断熱ケース10内の昇温効果を考慮して断熱ケース10内の下部に設けられる。断熱ケース10には、断熱ケース10の内と外とで空気を循環させるための連絡口7が設けられている。

【0011】

断熱ケース10の外側には、ポンプ11、外部ウォータタンク12、外部ヒータ13が設けられている。外部ウォータタンク12は内部ウォータタンク4からの排水のし易さを考慮して断熱ケース10よりも下に設けられる。外部ヒータ13は外部ウォータタンク12の加熱に用いられ、外部ウォータタンク12に接するように、あるいはその近傍に設けられる。

【0012】

燃料電池スタック1には負荷21が電氣的に接続されている。燃料電池スタック1が発電した電力は負荷21あるいは図示しないバッテリーに供給される。負荷21は主として車両を駆動するための電気モータである。燃料電池スタック1の電圧 V_c はセンサ41、電流 I_c はセンサ42によってそれぞれ検出される。

【0013】

燃料電池システムを制御するコントローラ50は、1または2以上のマイクロプロセッサ、RAM、ROM、I/Oインターフェースを含む。コントローラ50は、燃料電池スタック1の停止時、負荷21と燃料電池スタック1との接続を切り離すとともに、燃料電池スタック1を水の凍結から保護するための保護装置（保護方法）を選択し、この選択した保護装置を動作させて燃料電池スタック1の保護を行う。

【0014】

燃料電池スタック1は、運転時にはアノードに燃料ガスが供給される。燃料ガスは、水素貯蔵装置から供給される水素、あるいはガソリン、メタノール等の炭化水素燃料を改質して得られる水素を含んだ改質ガスである。カソードには酸素を含有するガスとして空気が供給される。燃料電池スタック1では水素と酸素を用いて電気エネルギーが取り出される。これらのガスの供給が停止される間、燃料電池スタック1は発電を行わない。

【0015】

図2は燃料電池スタック1の内部構造を示す。燃料電池スタック1は積層された複数の

10

20

30

40

50

セルで構成される。1つのセルはバイポーラプレート30、31と、プレート30、31の間に挟まれた膜／電極接合体32（以下、MEA）とで構成される。プレート30とMEA32との間にはアノードガスを流す通路33が複数形成され、プレート31とMEA32との間にはカソードガスを流す通路34が複数形成される。また、セルとセルの間には冷却及び加湿用の純水を流す通路35が複数形成される。

【0016】

プレート30、31には液体を通す多孔質のプレートが用いられる。これにより、通路35に純水を流した場合には純水がプレート30、31内に浸透して通路33、34まで達し、これによって通路33、34を流れるガスが加湿される。また、反応で生成された水がガス通路33、34内で過剰となった場合には、純水がプレート30、31内に浸透し、通路35に回収される。

10

【0017】

この結果、燃料電池スタック1内を流れるガスは適度に加湿され、MEA32が乾燥するのが防止される。また、燃料電池スタック1内で加湿及び水回収が行われるので、加湿器、水回収装置は不要である。

【0018】

燃料電池スタック1の冷却装置は、ポンプ2、熱交換器3、内部ウォータタンク4、冷却水通路6で構成される。冷媒は純水である。発電時に燃料電池スタック1が発生する熱は熱交換器3を介して純水から熱交換器3内を流れる不凍液に伝えられ、図示しないラジエータから外気に放出される。燃料電池スタック1の冷却に純水を用いているので、外気温度が氷点下まで低下したときに燃料電池スタック1内に純水が存在すると、純水が凍結し、燃料電池スタック1の故障の原因となりうる。そこで、この実施形態では、純水の凍結から燃料電池スタック1を保護する装置を2つ有している。

20

【0019】

第1の保護装置は、燃料電池スタック1を加熱、保温することで燃料電池スタック1の温度を0℃以上に保つ装置である。第1の保護装置は、燃料電池スタック1から外気への放熱を抑え、燃料電池スタック1の温度降下を抑える断熱ケース10と、断熱ケース内を加熱する内部ヒータ5とで構成される。内部ヒータ5は燃料電池スタック1の燃料を利用する燃焼器あるいは触媒燃焼器である。内部ヒータ5はバッテリーの電気あるいは外部電源より供給される電気を用いる電気ヒータであってもよい。

30

【0020】

第2の保護装置は、内部ウォータタンク4内の純水を排出するポンプ11と、排出された純水を保管する外部ウォータタンク12と、外部ウォータタンク12内で凍結した水を解凍するための外部ヒータ13とで構成される。外部ウォータタンク12は凍結時の純水の膨張に耐える構造を有する。外部ヒータ13は燃料電池スタック1の燃料を利用する燃焼器あるいは触媒燃焼器である。外部ヒータ13はバッテリーの電力あるいは外部電源より供給される電気を用いる電気ヒータであってもよい。

【0021】

第2の保護装置は、燃料電池停止時に内部ウォータタンク4内の純水を外部ウォータタンク12に排出することで燃料電池スタック1内に純水が残らないようにし、燃料電池スタック1内での純水の凍結を防止する。燃料電池スタック1が停止している間に外部ウォータタンク12内の純水は凍結するので、燃料電池スタック1を再起動させるときには、外部ヒータ13により凍結した水を解凍し、ポンプ11で解凍した水を内部ウォータタンク4に戻す必要がある。

40

【0022】

この実施形態では、燃料電池スタック1停止中にいずれの保護装置を動作させて燃料電池スタック1の保護をするかは、運転者が保護装置セレクタ51を操作することで決定する。

【0023】

図3は燃料電池スタック1の停止期間と燃料電池スタック1を水の凍結から保護するの

50

に必要なエネルギーの関係を示す。

【0024】

第1の保護装置を用いる場合に必要なエネルギーE1は、燃料電池スタック1から外気への放熱量を内部ヒータ5による加熱によって補い、燃料電池スタック1を0℃以上に保つために必要なエネルギーである。図3では燃料電池スタック1の温度が0℃付近になってからの経過時間を燃料電池スタック1の停止期間としている。第1の保護装置を用いた場合、ヒータを一定負荷で稼働すると、燃料電池スタック1の停止期間tsが長くなるほど燃料電池スタック1の放熱量が多くなるので、必要エネルギーは図中実線で示すように、燃料電池スタック1の停止期間tsに比例して増大する。

【0025】

一方、第2の保護装置を用いる場合に必要なエネルギーE2は、内部ウォータタンク4から外部ウォータタンク12に純水を排水するのに必要なエネルギー（ポンプ11の消費エネルギー）と、外部ウォータタンク12内で凍結した純水を再起動時に解凍するのに必要なエネルギー（外部ヒータ13の消費エネルギー）と、純水を外部ウォータタンク12から内部ウォータタンク4に戻すのに必要なエネルギー（ポンプ11の消費エネルギー）の和となる。したがって、第2の保護装置を用いて保護を行う場合に必要なエネルギーE2は、再起動時の外気温度を考慮しなければ図中破線で示すように、燃料電池スタック1の停止期間tsによらず一定となる。

【0026】

したがって、ある停止期間txで両装置の必要エネルギーが等しくなり、燃料電池スタック1の停止期間tsがtxよりも短ければ第1の保護装置、txよりも長ければ第2保護装置により燃料電池スタック1の保護を行うようにすれば燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーを低くできる。

【0027】

この実施形態では運転者が保護装置セレクタ51によりいずれの保護装置を使用するか決定する。運転者は次回に車を使用する予定から停車時間、すなわち燃料電池スタック1の停止期間tsを予測することができるので、これに基づき運転者が適切な保護装置を選択する。消費エネルギーを低く抑えるためには、運転者は、停止期間が短い場合に第1の保護装置を選択し、停止期間が長い場合に第2の保護装置を選択すればよい。

【0028】

図4は保護装置選択処理を示したフローチャートであり、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0029】

これによると、まず、ステップS10で燃料電池スタック1の電圧Vc、電流Ic等の運転状態が読み込まれ、ステップS11では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止したか判断される。本発明は燃料電池の温度が低下した場合に凍結を防止することを目的としている。燃料電池の温度が低下するまでにある程度の時間がかかることを考えると、長時間発電が行われない場合の保護を想定している。よって、燃料電池スタック1の停止とは、運転中の過渡的な停止あるいはアイドル時のストップではなくて、運転者が車から離れ、ある程度の期間、運転が停止するときのことを意味する。また、燃料電池スタック1が発電を停止した時から燃料電池スタック1の温度が低下し始めることから、燃料電池スタック1が発電を停止したとき、具体的には燃料電池スタック1の電圧Vcあるいは電流Icがゼロになったときに燃料電池スタック1が停止したと判断するのがよい。

【0030】

燃料電池スタック1が停止したと判断されるとステップS12に進み、保護装置セレクタ51の出力が読み込まれる。

【0031】

ステップS13では、保護装置セレクタ51の出力に基づき、いずれの保護装置が選択されているか判断される。第1の保護装置が選択されている場合にはステップS14に進み、第1の保護装置による保護、すなわち断熱ケース10による燃料電池スタック1の保

10

20

30

40

50

温と内部ヒータ 5 による燃料電池スタック 1 の加熱が行われる。

【0032】

一方、第 2 の保護装置が選択されている場合にはステップ S 1 5 に進み、第 2 の保護装置による保護、すなわち、ポンプ 1 1 で内部ウォータタンク 4 内の純水が外部ウォータタンク 1 2 に排出され、燃料電池スタック 1 内での純水の凍結が防止される。この場合、外部ウォータタンク 1 2 で水の凍結が起こるので、再起動時には外部ヒータ 1 3 で凍結した水を解凍し、ポンプ 1 1 で水を内部ウォータタンク 4 に戻す必要がある。

【0033】

この実施形態では、外部ウォータタンク 1 2 内で凍結した純水は外部ヒータ 1 3 によって解凍されるが、図 5 に示すように、燃料電池スタック 1 が改質器 1 4 を備える場合は、バルブ 1 5 を開いて改質器 1 4 を冷却する冷媒を外部ウォータタンク 1 2 まで導き、再起動時に改質器 1 4 で発生する熱を利用して冷媒を暖め、暖められた冷媒で凍結した水を解凍するようにしてもよい。

【0034】

また、図 6 に示すように、コントローラ 5 0 をなくし、オペレータが手動操作セレクトア 5 3 を操作することにより、第 1 の保護装置、第 2 の保護装置いずれを燃料電池スタック 1 が停止しているときの保護装置として使用するかを直接選択するようにしてもよい。セレクトア 5 3 は第 1 の保護装置を作動させる状態、第 2 の保護装置を作動させる状態、いずれの保護装置も作動させない状態の 3 つの状態を選択することができる。セレクトア 5 3 は、内部ヒータ 5 の作動／非作動を切替えるスイッチと、ポンプ 1 1 の作動／非作動を切替えるスイッチとで構成しても良い。

【0035】

この場合、燃料電池スタック 1 の停止期間が短いときは、オペレータはセレクトア 5 3 を操作して内部ヒータ 5 を作動させ、内部ヒータ 5 により燃料電池スタック 1 を加熱し、燃料電池スタック 1 内での水の凍結を防止する。一方、停止期間が長いときは、オペレータはセレクトア 5 3 を操作してポンプ 1 1 を作動させ、内部ウォータタンク 4 内の純水が外部ウォータタンク 1 2 に排出することで燃料電池スタック 1 内での水の凍結を防止する。

【0036】

次に、第 2 の実施形態について説明する。

【0037】

第 1 の実施形態では多孔質のバイポーラプレート 3 0、3 1 を用いることでガスの加湿及びガスからの水回収を燃料電池スタック 1 内で行っていたが、第 2 の実施形態では、図 7 に示すように燃料電池スタック 1 のバイポーラプレートに液体を通さないプレート 3 6、3 7 を使用し、燃料電池スタック 1 に供給するガスを加湿する加湿器 1 6、燃料電池スタック 1 から排出されるガスから水を回収する水回収装置 1 7 を別途設けている点が異なる。

【0038】

図 8 は第 2 の実施形態を示す。燃料電池スタック 1 の上流に加湿器 1 6、下流に水回収装置 1 7 を設けている。冷媒としての純水は加湿器 1 6、水回収装置 1 7 の中も流れる。

【0039】

不凍液を循環させる燃料電池スタック 1 の冷却水通路 1 8 と、加湿用の純水を循環させる純水通路 1 9 とは分離している。冷却水通路 1 8 は燃料電池スタック 1 の温度制御に用いられ、純水通路 1 9 は加湿器 1 6 への純水供給と燃料電池スタック 1 及び水回収装置 1 7 からの水回収に用いられる。加湿器 1 6、水回収装置 1 7 は断熱ケース 1 0 の内側に設置される。

【0040】

この実施形態における保護装置の選択処理は図 4 に示した第 1 実施形態のものと同じであり、燃料電池スタック 1 が停止しているときは保護装置セレクトア 5 1 によって選択された保護装置を用いて燃料電池スタック 1 の保護が行われる。

【0041】

次に、第3の実施形態について説明する

第3の実施形態の構成は第1の実施形態の構成と略同じである。第3の実施形態では保護装置の選択が燃料電池スタック1の温度が所定温度以下になったときに実行する。すなわち、燃料電池スタック1の温度が所定温度以下になるまで保護装置による保護処理は行わない。さらに、保護装置の選択は燃料電池スタック1の停止期間に基づいて行う。

【0042】

図9は第3の実施形態の構成図を示す。図1に示した第1の実施形態に対して、冷却水通路6内を流れる純水の温度を検出するセンサ43、内部ウォータータンク4の水量を検出するセンサ44、入力装置52が追加されている。

【0043】

図10の破線は燃料電池スタック1が停止してからの純水の温度変化を示す。燃料電池スタック1が停止した直後は燃料電池スタック1の温度が運転温度、例えば、約80℃となっているので、燃料電池スタック1の温度が0℃以下になるまでには時間を要する。燃料電池スタック1の温度が0℃以下にならないければ保護装置による保護が必要ないことから、この実施形態では燃料電池スタック1の温度が0℃に近づいてからいずれの保護装置を用いるか判断する。

【0044】

燃料電池スタック1の温度TEMPcとしては冷却水通路6内を流れる純水の温度を用いる。これは燃料電池スタック1内で純水が凍結すると燃料電池スタック1を破壊することを考慮したものである。

【0045】

図10において、破線は保護装置を稼働させなかった場合の温度変化を示し、実線は第1の保護装置で燃料電池スタック1の保護を行った場合の燃料電池スタック1の温度変化を示す。燃料電池スタック1の温度が0℃近くまで低下したら内部ヒータ5を作動させることによって、純水の温度を凍結温度(0℃)以上に保つことができる。純水の凍結温度が0℃であるので理論上は燃料電池スタック1の温度(純水の温度)が0℃となったときに内部ヒータ5を作動させれば純水の凍結を防止することができるが、検出位置による純水の温度ばらつき、センサ43の検出誤差等を考慮して、例えば2℃に設定する。

【0046】

この実施形態では内部ヒータ5は断熱ケース10内の空気を暖めることで純水の温度を上昇させるが、この実施形態あるいは他の実施形態においても内部ヒータ5が純水の通路を加熱することで純水を直接的に加熱するようにしてもよい。あるいは純水の通路に接する冷媒通路を設け、冷媒通路内を流れる冷媒を暖めることによって純水の温度を上昇させるようにしてもよい。

【0047】

次に、燃料電池スタック1の停止期間の予測方法について説明する。図11には曜日、時刻と燃料電池スタック1の起動頻度との関係を示す。図11は主に通勤に使用した場合の頻度分布であり、朝夕の起動頻度が高くなっている。このように、起動頻度分布を学習しコントローラ50内のメモリに記憶しておけば、停止時刻から次の起動時刻を予測することができ、燃料電池スタック1の停止期間を予測することができる。

【0048】

例えば、停止時刻以降で起動頻度が初めて所定の判断値よりも大きくなる時刻を次の起動時刻と推定するとすると、図11の水曜日の時刻t1で停止した場合には時刻t1以降ではじめて起動頻度が判断値を超える水曜日の時刻t2に燃料電池スタック1が再起動されると判断する。また、金曜日の時刻t3で停止した場合には同様にして月曜日の時刻t4を次の起動と判断する。次の起動時刻が予測できれば停止時刻から燃料電池スタック1の停止期間を予測することができる。

【0049】

図12は第3の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートを示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0050】

これによると、ステップS21では燃料電池スタック1の電圧Vc、電流Ic等の運転状態が読み込まれ、ステップS22では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止したかが判断される。

【0051】

燃料電池スタック1が停止したと判断された場合はステップS23に進み、燃料電池スタック1の温度TEMPcが読み込まれる。ステップS24では燃料電池スタック1の温度TEMPcが所定温度TEMPth、例えば2℃よりも低いか判断され、所定温度TEMPthよりも低い場合にはステップS25に進む。

【0052】

ステップS25では上述の方法により次回の起動時刻が予測される。ステップS26では燃料電池スタック1の停止時刻と予想起動時刻から燃料電池スタック1の停止期間tsが予測される。なお、燃料電池スタック1の停止期間を入力装置52から運転者が入力し、この入力された停止期間を上記予測された停止期間に代えて用いてもよい。

【0053】

ステップS27では停止期間tsに基づき保護装置が選択される。停止期間が判断しきい値tsthより短い、例えば、24時間以下と判断された場合にはステップS28で第1の保護装置による保護が行われる。それ以外の場合にはステップS29に進んで第2の保護装置による保護が行われる。

【0054】

図13は第1の保護装置が選択された場合の処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0055】

ステップS31では燃料電池スタック1の温度TEMPcが読み込まれる。

【0056】

ステップS32では燃料電池スタック1の温度TEMPcが所定温度TEMPth、例えば2℃よりも高いか判断される。所定温度TEMPthよりも高い場合はステップS33に進んで内部ヒータ5を停止させる。所定温度TEMPthよりも低い場合はステップS34に進んで内部ヒータ5を作動させる。

【0057】

図14は第2の保護装置が選択された場合の処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0058】

ステップS41では内部ウォータタンク4内の純水の量Vwが読み込まれる。

【0059】

ステップS42では排水が完了したか判断される。具体的には、内部ウォータタンク4内の純水の量Vwが所定量Vwthよりも少なくなったときに排水が完了したと判断される。所定量Vwthは、残った純水が凍結しても内部ウォータタンク4が破損することがなく、かつ凍結した氷が再起動の支障とならない量以下に設定され、例えば、0.5Lに設定される。

【0060】

排水が完了したと判断された場合はステップS43に進んでポンプ11を停止させる。排水が完了していない場合はステップS44に進んでポンプ11を作動させる。

【0061】

第2の保護装置により燃料電池スタック1を保護する場合、外部ウォータタンク内12で純水が凍結するので、燃料電池スタック1を再起動させるには外部ヒータ13で外部ウォータタンク12内の凍結した純水を解凍し、ポンプ11で内部ウォータタンク4に純水を戻す必要がある。

【0062】

なお、第3の実施形態は第1の実施形態と略同じ構成として説明したが、第3の実施形

10

20

30

40

50

態は第2の実施形態と略同じ構成にも適用することができる。以下の実施形態においても同じことがいえ、第3の実施形態以降で開示される発明は、第1の実施形態の構成、第2の実施形態の構成いずれにも適用することができる。

【0063】

次に、第4の実施形態について説明する。第4の実施形態の構成は第3の実施形態の構成とほぼ同じである。第4の実施形態では外気温度TEMPoを検出し、保護装置を選択する際に外気温度TEMPoが燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーに与える影響を考慮する。保護装置を選択する際に外気温度TEMPoの影響を考慮することにより、適切な保護装置を選択することができる。

【0064】

図15は第4の実施形態の構成図である。第3の実施形態に対し、外気温度TEMPoを検出するセンサ45が追加されている。

【0065】

図16は、燃料電池の温度を一定とした場合の外気温度TEMPoと燃料電池スタック1からの放熱量との関係を示す。外気温度TEMPoが低くなるほど燃料電池スタック1からの放熱量が多くなり、第1の保護装置を使用する場合の必要エネルギーE1が増大する。したがって、燃料電池スタック1の停止期間tsに応じていずれの保護装置を使用するかを判断する場合、燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーが少ない保護装置が選択されるようにするには図17に示すように外気温度TEMPoが低いほどしきい値tsthを短くする必要がある。

【0066】

図18は、第4の実施形態における保護装置選択処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0067】

これによると、ステップS51では燃料電池スタック1の電圧Vc、電流Ic等の運転状態が読み込まれ、ステップS52では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止したかが判断される。

【0068】

燃料電池スタック1が停止したと判断された場合はステップS53に進み、燃料電池スタック1の温度TEMPcが読み込まれる。ステップS54では燃料電池スタック1の温度TEMPcが所定温度TEMPth、例えば2℃よりも低いか判断される。燃料電池スタック1の温度TEMPcが所定温度TEMPthよりも低いと判断された場合はステップS55に進み、外気温度TEMPoが読み込まれる。ステップS56では燃料電池スタック1の停止期間tsが予測される。停止期間tsの予測方法は第3の実施形態と同じで、停止期間tsは運転者が入力するようにしても良い。

【0069】

ステップS57では燃料電池スタック1の停止期間tsが外気温度TEMPoに応じて設定されるしきい値tsthよりも短いか判断される。しきい値tsthよりも短い場合はステップS58に進んで第1の保護装置による保護が実行される。そうでない場合はステップS59に進んで第2の保護装置による保護が実行される。しきい値tsthは図17に示したテーブルを参照して、外気温度TEMPoが低くなるほど短く設定される。

【0070】

次に、第5の実施形態について説明する。第5の実施形態の構成は第4の実施形態の構成と同じである。第5の実施形態は、再起動時の外気温度TEMPosと停止時から再起動時までの外気温度TEMPoの変化を予測し、第1の保護装置を用いた場合に必要とされるエネルギーE1と第2の保護装置を用いた場合に必要とされるエネルギーE2とをそれぞれ算出し、必要エネルギーが小さい方を選択する。

【0071】

既述の通り、各曜日の各時刻における燃料電池スタック1の起動頻度から燃料電池スタック1の起動時刻を予測することができる。外気温度TEMPoは時刻との相関が強いので、

10

20

30

40

50

各時刻における外気温度TEMP_oを予め学習しておけば、予測される起動時刻から起動時の外気温度TEMP_{os}を予測することができる。図19は外気温度の学習結果を示す。予測される起動時刻とこの学習結果から起動時の外気温度TEMP_{os}を予測することができる。

【0072】

なお、図20に示すようにラジオ等の受信装置46を追加し、受信装置46によって外部から将来の天候、特に外気温度に関する信号を受信し、その信号に基づき起動時の外気温度TEMP_{os}を予測するようにしても良い。

【0073】

起動時の外気温度TEMP_{os}が予測できれば第2の保護装置を選択した場合の必要エネルギーE₂を算出することができる。図21は、第2の保護装置を選択した場合の、起動時の外気温度TEMP_{os}と燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーE₂との関係を示す。起動時の外気温度TEMP_{os}すなわち燃料電池スタック1の温度が0℃以上の場合には必要なエネルギーE₂はポンプ11を駆動するのに要するエネルギーのみである。外気温度が0℃以下になると凍結した純水を解凍するのに必要なエネルギーが外部ヒータ13から供給されるので、必要エネルギーE₂が急激に増加する。図21に示すテーブルを用意しておけば、テーブル参照により必要エネルギーE₂を求めることができる。

【0074】

図22は再起動時の外気温度TEMP_{os}の予測処理を示したフローチャートであり、コントローラ50において実行される。

【0075】

これによると、ステップS61で燃料電池スタック1の予想起動時刻が読み込まれ、ステップS62では図19に示す学習結果を参照して起動時の外気温度TEMP_{os}が予測される。

【0076】

一方、第1の保護装置を選択した場合に燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーE₁は、停止期間t_sと停止時刻から起動時刻までの外気温度の変化に依存する。図23は停止期間t_sと燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーE₁との関係を示す。停止期間t_sが短い場合には燃料電池スタック1の温度が0℃付近まで下がらないので必要エネルギーE₁はゼロである。停止期間t_sが長くなると必要エネルギーE₁は増加する。また、内部ヒータ5は間欠的に作動するので必要エネルギーE₁は階段状に増加する。燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーE₁は外気に放出される熱量に等しい。外気に放出されるエネルギーは以下の式で計算できる。

【0077】

$$Q = H \times S \times (TEMP_c - TEMP_o) \times \Delta t$$

Q = 放熱量、H x = 熱伝導率、S = 断熱ケース10の放熱面積

TEMP_c = 燃料電池温度、TEMP_o = 外気温度、Δt = 時間間隔

熱伝導率H xと放熱面積Sは断熱ケース10の形状、材質等の特性から算出できる。再起動時までの総放熱量は、例えば、時間間隔Δtを1分として、予測された外気温度TEMP_oに基づき時間間隔Δtにおける放熱量を演算し、それを積算していくことにより計算できる。停止時から起動時までの外気温度TEMP_oの変化は、図19に示した各時刻に対する外気温度の学習結果を用いて予測することができる。あるいは、外気温度TEMP_oの変化は受信装置46によって外部から将来の天候、特に外気温度に関する信号を受信し、その信号に基づき予測するようにしても良い。停止時間t_sが同じ長さであっても、外気温度TEMP_oが低いほど保温に必要なエネルギーは大きくなる。一方、停止期間中、外気温度が0℃以下に下がる時間がその一部であれば、外気温度が0℃以上の間保温は不要となり、停止時間全体では保温に必要なエネルギーは小さくなる。

【0078】

以上のようにして求めた第1の保護装置を使用した場合に必要エネルギーE₁と、第2の保護装置を使用した場合に必要エネルギーE₂とを比較し、必要エネルギーの少ない装置を選択する。これにより、燃料電池スタック1の保護に必要なエネルギーを少なくすることがで

10

20

30

40

50

きる。

【0079】

図24は第5実施形態における保護装置選択処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0080】

これによると、ステップS71では燃料電池スタック1の電圧 V_c 、電流 I_c 等の運転状態が読み込まれ、ステップS72では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止したかが判断される。燃料電池スタック1が停止したと判断された場合はステップS73に進み燃料電池スタック1の温度 $TEMP_c$ が読み込まれる。ステップS74では燃料電池スタック1の温度 $TEMP_c$ が所定値 $TEMP_{th}$ 、例えば2℃よりも低いと判断される。

10

【0081】

燃料電池スタック1の温度が所定温度 $TEMP_{th}$ よりも低いと判断されたときはステップS75に進んで燃料電池スタック1の停止期間 t_s が予測される。停止期間 t_s の予測方法は第3の実施形態と同じで、停止期間 t_s は運転者が入力するようにしても良い。ステップS76では上述の方法により再起動時の外気温度 $TEMP_{os}$ 、停止時から起動時までの外気温度 $TEMP_{po}$ の変化が予測される。

【0082】

ステップS77では上述した演算方法により、第1の保護装置を用いた場合に必要なエネルギー $E1$ と、第2の保護装置を用いた場合に必要なエネルギー $E2$ とがそれぞれ演算される。

【0083】

ステップS78では、第1の保護装置を用いた場合に必要なエネルギー $E1$ と、第2の保護装置を用いた場合に必要なエネルギー $E2$ とが比較され、必要エネルギー $E1$ が必要エネルギー $E2$ よりも小さい場合はステップS79に進んで第1の保護装置による保護が実行され、そうでない場合はステップS80に進んで第2の保護装置による保護が実行される。

20

【0084】

次に、第6の実施形態について説明する。この実施形態では、燃料電池スタック1の停止期間が短いと判断して第1の保護装置を使用しているときであっても、停止期間が予測した停止期間よりも長くなって燃料残量が少なくなった場合には、第2の保護装置による保護に切替える。

【0085】

図25は第6の実施形態の構成を示す。第5の実施形態に対し燃料電池スタック1、内部ヒータ5、外部ヒータ13に燃料を供給する燃料タンク22の残量を検出するセンサ47が追加されている。

30

【0086】

第1の保護装置、第2の保護装置の選択は、第5の実施形態と同じく必要エネルギーの少ない方を選択することで行われる。しかし、燃料電池スタック1の停止期間 t_s が予測した期間よりも長くなった場合には燃料消費量が増加し、第1の保護装置を使用しつづけると燃料タンク22の燃料がなくなる可能性がある。

【0087】

そこで、この実施形態では、燃料タンク22の燃料の残量 A_f が判断値 A_{fth} よりも少なくなった場合には、第1の保護装置を使用している場合であっても第2の保護装置による保護に切替える。

40

【0088】

図26は第6実施形態における保護装置選択処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0089】

これによると、ステップS81では燃料電池スタック1の電圧 V_c 、電流 I_c 等の運転状態が読み込まれ、ステップS82では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止したかが判断される。燃料電池スタック1が停止したと判断された場合はステップS83に進んで燃料電池スタック1の温度 $TEMP_c$ が読み込まれる。ステップS84では燃料電池スタック

50

1の温度が所定温度TEMPth、例えば2℃よりも低いか判断される。燃料電池スタック1の温度が所定温度TEMPthよりも低いと判断されたときはステップS85に進んで燃料電池スタック1の停止期間tsが予想される。ステップS86では、再起動時の外気温度TEMPos、再起動時までの外気温度TEMPoの変化が予想される。停止期間tsの予測方法、再起動時の外気温度TEMPosの予測方法、再起動時までの外気温度TEMPoの変化の予測方法は先の実施形態と同じである。

【0090】

ステップS87では第1の保護装置を用いた場合に必要なエネルギーE1と、第2の保護装置を用いた場合に必要なエネルギーE2とがそれぞれ演算される。それぞれの演算方法は既述の通りである。

【0091】

ステップS88では、第1の保護装置を用いた場合に必要なエネルギーE1と、第2の保護装置を用いた場合に必要なエネルギーE2とが比較され、必要エネルギーE1が必要エネルギーE2よりも小さい場合はステップS89に進んで燃料電池スタック1は第1の保護装置により保護され、そうでない場合はステップS92に進んで燃料電池スタック1は第2の保護装置により保護される。

【0092】

ステップS90では燃料タンク22の燃料残量Afが読み込まれ、ステップS91では燃料残量Afが所定量Afthよりも多いか判断される。所定量Afthは、再起動時に外部ヒータ13で外部ウォータタンク12内の凍結している純水を解凍し、燃料補給のために近くのガスステーションまで走行するために燃料電池スタック1を動作させるのに必要な量、例えば5Lに設定される。

【0093】

所定量Afthよりも多い場合は第1の保護装置による保護を継続するが、所定量Afthよりも少ない場合はステップS92に進んで第1の保護装置による保護を中止し、第2の保護装置による保護を開始する。

【0094】

この実施形態は外部ヒータ13が燃料を利用する場合であるが、外部ヒータ13がバッテリー23の電力で駆動する電気ヒータである場合も同様な制御となる。この場合、センサ48によって検出されるバッテリー23の充電状態SOCが所定値SOCthよりも少なくなった場合に第1の保護装置から第2の保護装置への切換えが行われる。

【0095】

次に、第7の実施形態について説明する。第7の実施形態の構成は第6の実施形態と同じである。この実施形態では、車両を屋内駐車場等の閉塞した空間に駐車して第1の保護装置による保護を実行中に、内部ヒータ5によって酸素が使用され、空間中の酸素濃度が低下することを防止する。

【0096】

図27は第7の実施形態の構成図を示す。第5の実施形態に対し、外気の酸素濃度DNSoを検出するセンサ49が追加されている。

【0097】

第1の保護装置の動作中は、燃料電池スタック1の温度を0℃以上に保つために内部ヒータ5が作動する。内部ヒータ5として燃焼器あるいは触媒燃焼器を用いた場合、空間中の酸素が消費される。このため、密閉された空間で第1の保護装置による保護が長期間実行されると外気中の酸素濃度DNSoが低下する。そこで、この実施形態では空間中の酸素濃度DNSoを検出し、酸素濃度DNSoが所定濃度DNSothよりも低くなった場合には第1の保護装置による保護から第2の保護装置による保護に切替える。

【0098】

図28は第5の実施形態における保護装置選択処理を示したフローチャートであり、コントローラ50において繰り返し実行される。

【0099】

第6の実施形態の保護装置選択処理（図26）に対してステップS101、S102が追加されている。

【0100】

ステップS101では酸素濃度DNSoが読み込まれる。ステップS102では酸素濃度DNSoが所定濃度DNSothより高いかどうか判断される。所定濃度DNSothは人体、動物等に害がないレベルに設定され、例えば19%に設定される。酸素濃度DNSoが所定濃度DNSothより高い場合は第1の保護装置による保護が継続される。これに対し、酸素濃度DNSoが所定濃度DNSothより低くなった場合はステップS92に進み、第1の保護装置による保護を中止し、第2の保護装置による保護に切替えられる。

【0101】

次に、第8の実施形態について説明する。上記実施形態は第1の保護装置、第2の保護装置それぞれがウォータタンクを備えているが、この実施形態ではウォータタンク4、12を一つにまとめる。

【0102】

図29に示すように、第8の実施形態では、第1の実施形態の内部ウォータタンク4、外部ウォータタンク12が一つにまとめられ、唯一のウォータタンク20が断熱ケース10内に設けられる。また、内部ヒータ5はウォータタンク20を加熱できるようにウォータタンク20の近傍に設けられる。

【0103】

図30は第8の実施形態における保護装置選択処理を示し、コントローラ50において所定時間毎に繰り返し実行される。

【0104】

これによると、ステップS110では燃料電池スタック1の電圧Vc、電流Ic等の運転状態が読み込まれ、ステップS111では運転状態に基づき燃料電池スタック1が停止しているか判断される。

【0105】

燃料電池スタック1が停止したと判断された場合はステップS112に進み、いずれの保護装置を用いるか判断される。いずれの保護装置を用いるかの判断は上述したいずれの判断方法を用いても良い。

【0106】

第1の保護装置による保護、すなわち、燃料電池スタック1を保温することによって保護を行う場合は、ステップS113に進んで内部ヒータ5へ燃料を供給し、ステップS114でポンプ2を作動させて純水を循環させる。

【0107】

これに対し、第2の保護装置による保護、燃料電池スタック1から純水を排出することで燃料電池スタック1の保護を行う場合は、ステップS115に進んで内部ヒータ5への燃料供給を停止し、ステップS116でポンプ2を作動させて燃料電池スタック1内の純水をウォータタンク20に回収する。

【0108】

そして、ステップS117で純水の回収が完了したと判断された場合は、ステップS118に進んでポンプ2を停止させる。純水の回収が完了したかどうかの判断は、例えば、純水の総量が大体分かっているので、ウォータタンク15の水位が所定レベル以上にまで上昇したときに回収が完了したと判断する。

【0109】

以上、本発明のある実施形態を参照しながら本発明について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。当業者であれば上記開示に基づき上記実施形態の改変が可能である。本発明の範囲は特許請求の範囲に基づき決定される。

【産業上の利用可能性】

【0110】

本発明は燃料電池システムに適用でき、車両用以外の燃料電池システムにも勿論適用す

10

20

30

40

50

ることができる。本発明は燃料電池を水の凍結から保護するとともに、保護に必要なエネルギーを減らすのに有効である。

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図1】本発明に係る燃料電池システムの概略構成図である。

【図2】燃料電池スタックの内部構造を示した図である。

【図3】燃料電池スタックの停止期間と燃料電池スタックの保護に必要なエネルギーの量の関係を示した図である。

【図4】保護装置選択処理を示したフローチャートである。

【図5】第1実施形態の変形例を示した図である。

【図6】第1実施形態の変形例を示した図である。

【図7】燃料電池スタックの内部構造の別の例を示す。

【図8】本発明の第2実施形態を示す。

【図9】本発明の第3実施形態を示す。

【図10】燃料電池スタックが停止してからの水の温度変化を示すタイムチャートである。

【図11】燃料電池スタックの起動時刻の頻度分布図である。

【図12】第3の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

【図13】第1の保護装置が選択された場合の保護処理のフローチャートである。

【図14】第2の保護装置が選択された場合の保護処理のフローチャートである。

【図15】本発明の第4、第5の実施形態を示す。

【図16】外気温度と燃料電池スタックからの放熱量との関係を示す。

【図17】外気温度と保護装置選択に用いるしきい値との関係を示す。

【図18】第4の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

【図19】時刻と外気温度との関係を示す。

【図20】第5の実施形態の変形例を示した図である。

【図21】第1の保護装置を選択した場合の、起動時の外気温度と燃料電池スタックの保護に必要なエネルギーとの関係を示す。

【図22】再起動時の外気温度の予測処理のフローチャートである。

【図23】第1の保護装置を選択した場合の、停止期間と燃料電池スタックの保護に必要なエネルギーとの関係を示す。

【図24】第5の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

【図25】本発明の第6の実施形態を示す。

【図26】第6の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

【図27】本発明の第7の実施形態を示す。

【図28】第7の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

【図29】本発明の第8の実施形態を示す。

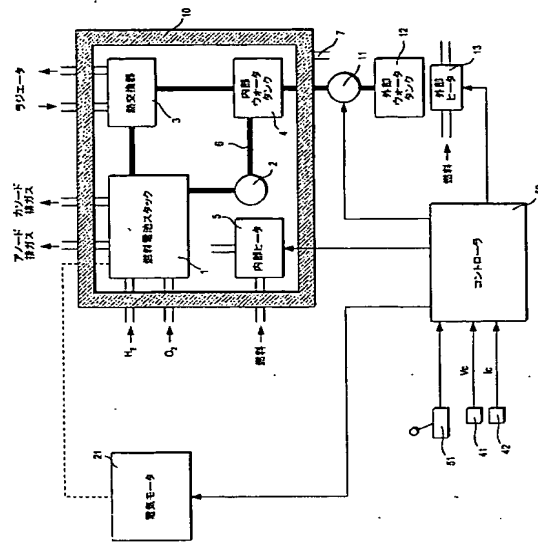
【図30】第8の実施形態における保護装置選択処理のフローチャートである。

10

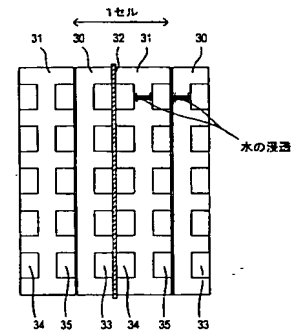
20

30

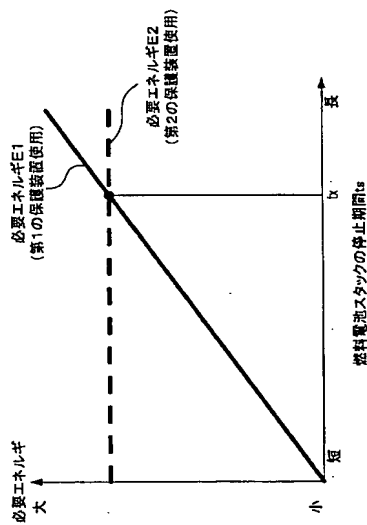
【図 1】



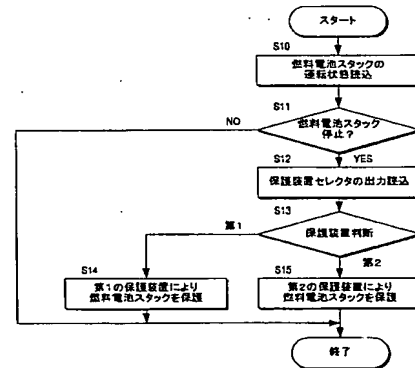
【図 2】



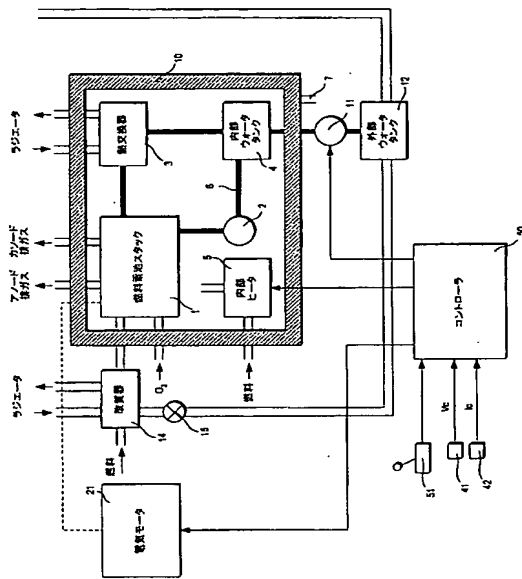
【図 3】



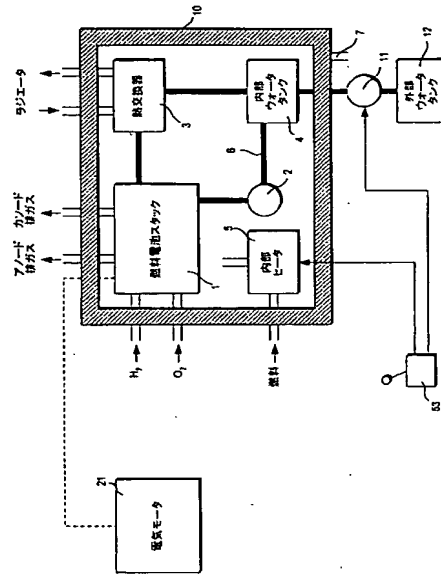
【図 4】



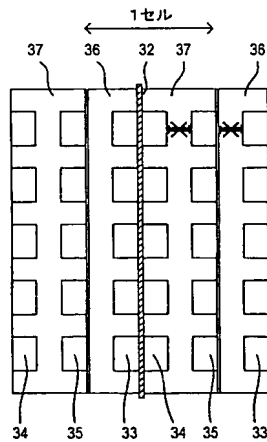
【図 5】



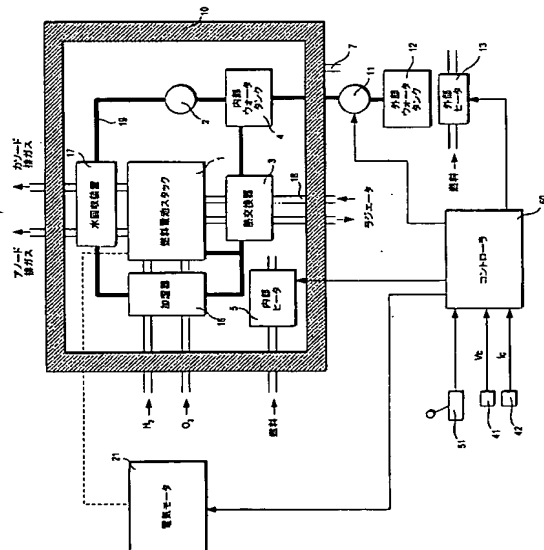
【図 6】



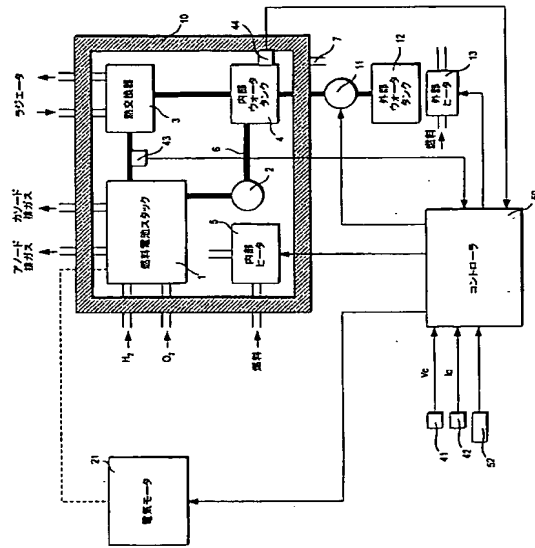
【図 7】



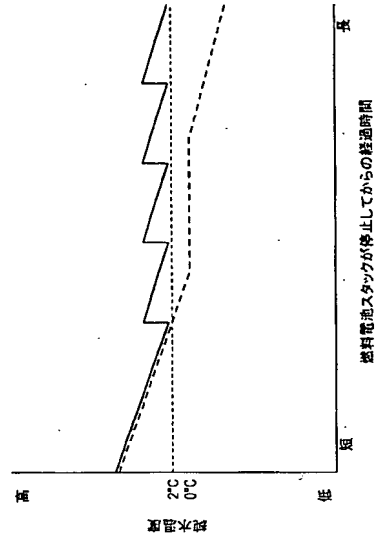
【図 8】



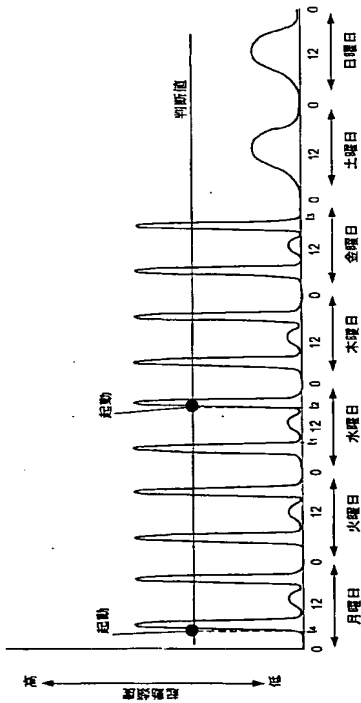
【図 9】



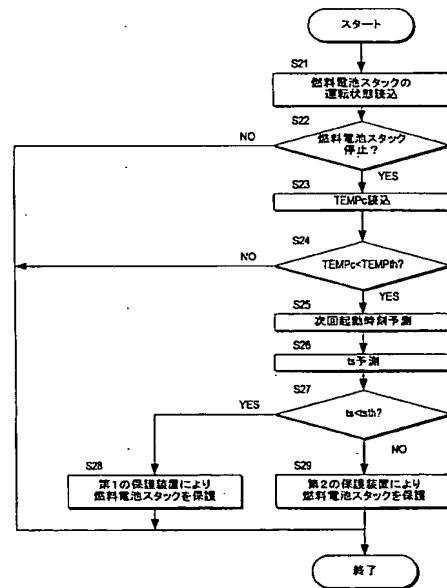
【図 10】



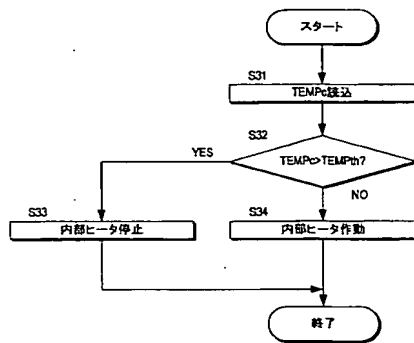
【図 11】



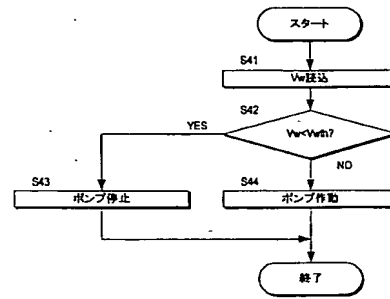
【図 12】



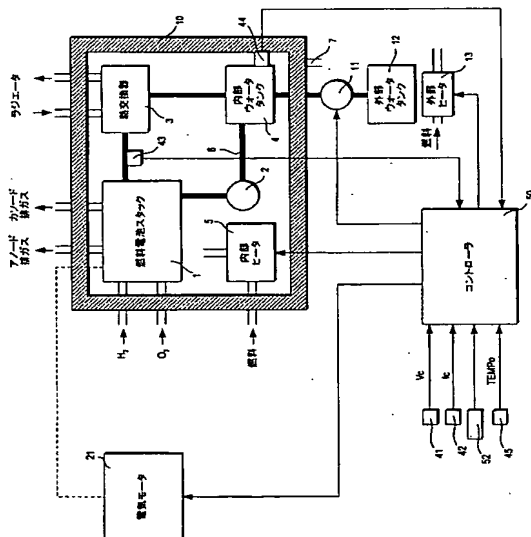
【図 13】



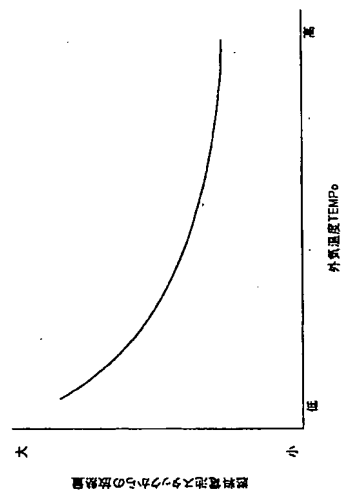
【図 14】



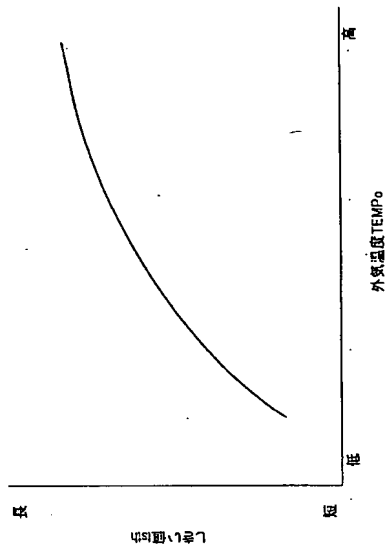
【図 15】



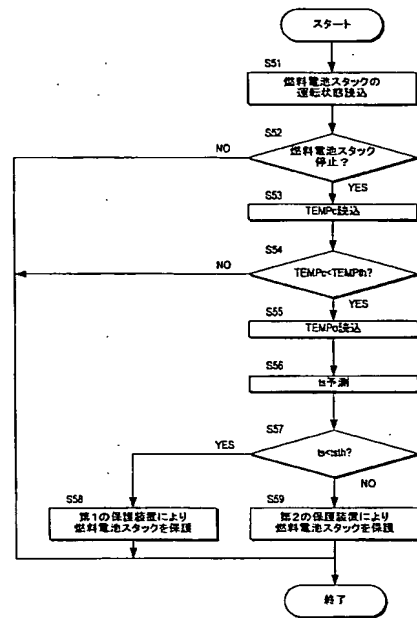
【図 16】



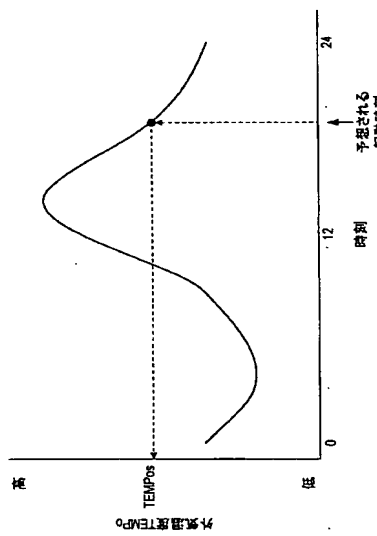
【図 17】



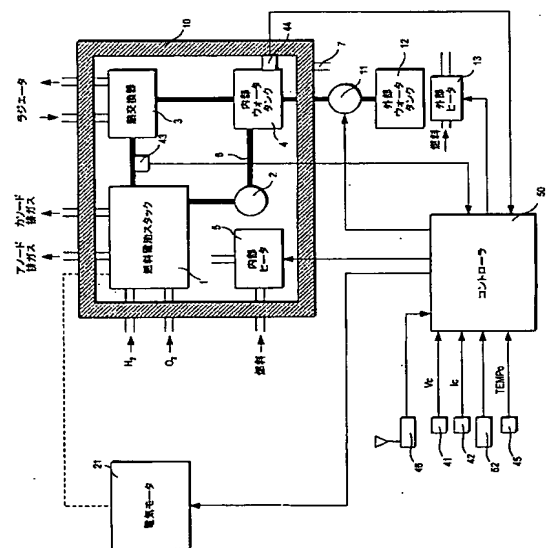
【図 18】



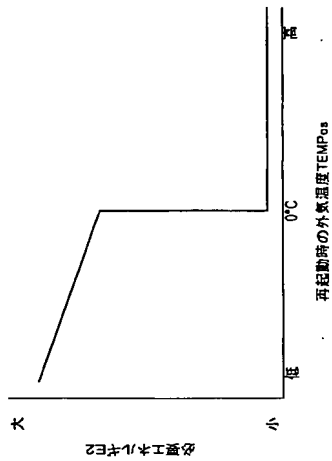
【図 19】



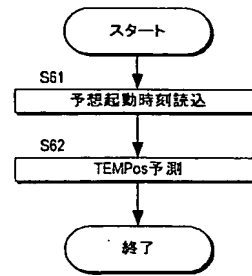
【図 20】



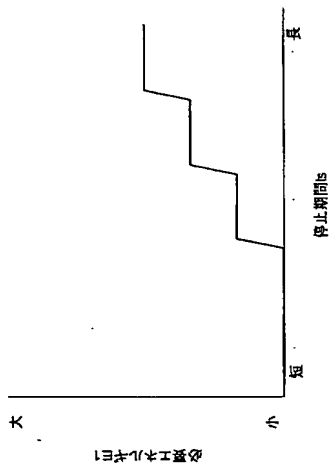
【図 2 1】



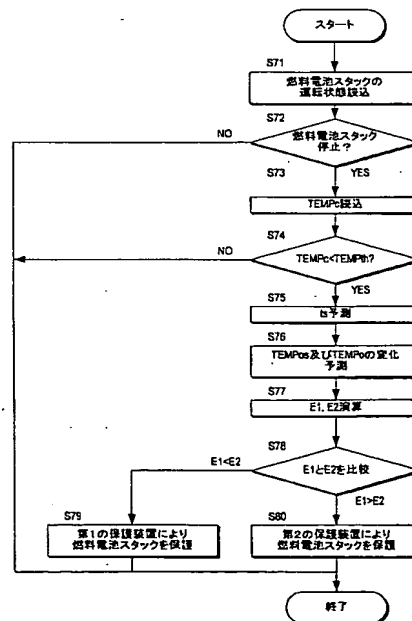
【図 2 2】



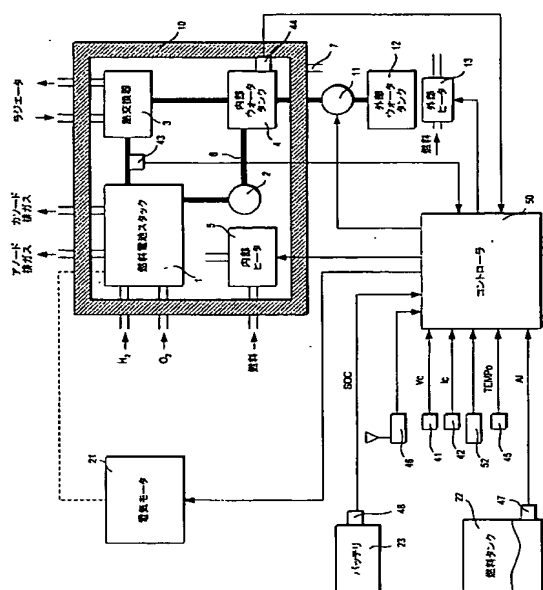
【図 2 3】



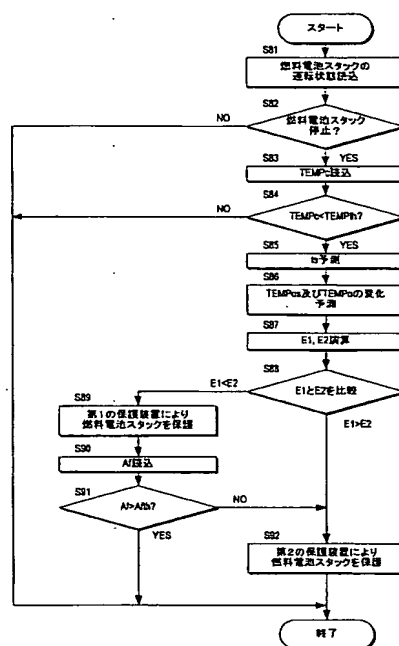
【図 2 4】



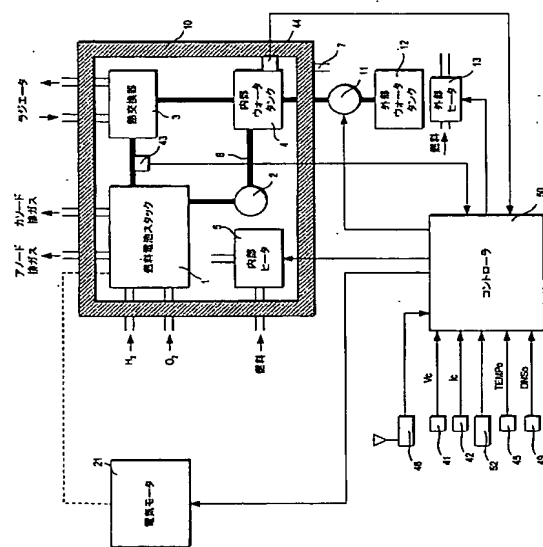
【図 25】



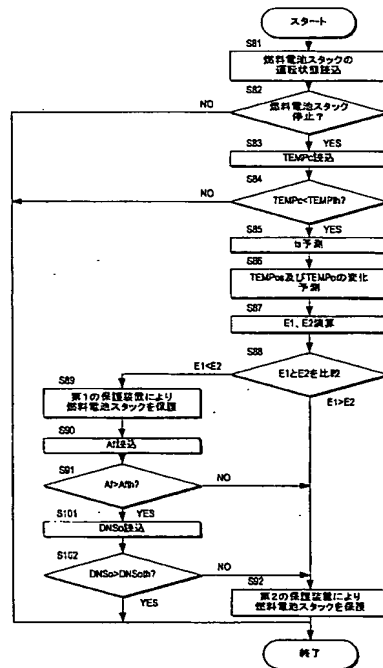
【図 26】



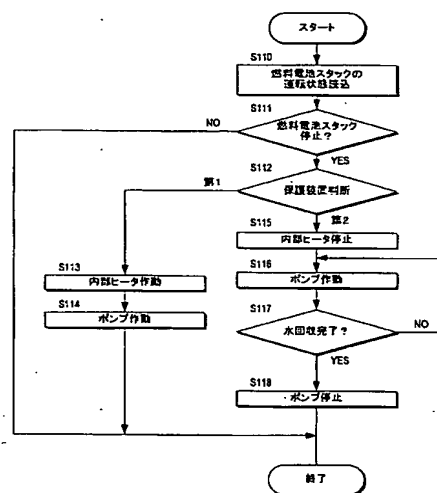
【図 27】



【図 28】



【图 30】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 03/05401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01M8/04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	WO 03/081704 A (NISSAN MOTOR ; OGAWA SOICHIRO (JP)) 2 October 2003 (2003-10-02) claims; figures	1-54
Y	US 2001/055707 A1 (ATBI ABDERRAHMANE ET AL) 27 December 2001 (2001-12-27) paragraphs '0011!', '0012!', '0013!' - '0015!'	1,28-30
Y	WO 02/01662 A (EMITEC EMISSIONSTECHNIK ; KONIECZNY JOERG ROMAN (DE); BRUECK ROLF (DE)) 3 January 2002 (2002-01-03) page 2, lines 9-31 -/-	1,28-30
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 3 May 2004		Date of mailing of the international search report 11/05/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Engl, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 03/05401

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 10, 30 November 1995 (1995-11-30) & JP 7 169476 A (TOSHIBA CORP), 4 July 1995 (1995-07-04) abstract	1,28-30
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28 February 1997 (1997-02-28) & JP 8 273689 A (TOYOTA MOTOR CORP; AISIN SEIKI CO LTD), 18 October 1996 (1996-10-18) abstract	1-54

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 03/05401

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03081704	A	02-10-2003	JP 2003288928 A WO 03081704 A2	10-10-2003 02-10-2003
US 2001055707	A1	27-12-2001	US 6479177 B1 AU 7396700 A WO 0124296 A1 CA 2384863 A1 EP 1222704 A1 JP 2003510786 T US 2003077487 A1 US 2002009623 A1	12-11-2002 30-04-2001 05-04-2001 05-04-2001 17-07-2002 18-03-2003 24-04-2003 24-01-2002
WO 0201662	A	03-01-2002	DE 10031062 A1 CA 2414591 A1 WO 0201662 A1 EP 1295352 A1 JP 2004502282 T US 2003129461 A1	17-01-2002 03-01-2002 03-01-2002 26-03-2003 22-01-2004 10-07-2003
JP 7169476	A	04-07-1995	NONE	
JP 8273689	A	18-10-1996	NONE	

フロントページの続き

(51)Int. Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 M 8/04 Y
H O 1 M 8/10

(81)指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, M X, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 吉澤 幸大
神奈川県横須賀市浦郷町2-92-6-305

(72)発明者 飯山 明裕
神奈川県逗子市逗子7-9-2

(72)発明者 東 秀剛
神奈川県横浜市保土ヶ谷区霞台53-4-202

(72)発明者 ヘイガンズ パトリック エル.
アメリカ合衆国 コネチカット州 06237 コロンビア オールド ウィリマンティック ロード 93

Fターム(参考) 5H026 AA06
5H027 AA06 CC06 CC11 KK41 KK46 KK48 MM21

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.